

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 54-071590

(43)Date of publication of application : 08.06.1979

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
// H01L 21/265

(21)Application number : 52-138620

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 17.11.1977

(72)Inventor : TOYODA YUKIO  
OKI YOSHIMASA  
KOBAYASHI ATSUYUKI  
AKASAKI ISAMU  
HAYASHI TAKESHI  
YAMAMOTO MASA HARU

## (54) GAN LIGHT EMITTING ELEMENT AND PRODUCTION OF THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To control light emitting color through current controlling by using two kinds of impurities of different light emission wavelengths.

CONSTITUTION: Zn-doped GaN 2 is formed on a sapphire substrate, and Mg ion beams 3 are radiated to create an implantation layer 4 on the crystal surface. The ion implantation is performed by an energy multiple system to flatten the impurity distribution to a dose quantity of  $1.9 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ . Next, the surface is covered with CVD SiO<sub>2</sub> 5 and the substrate is treated for 1 to 20 hours at 1050° C in N<sub>2</sub>, after which SiO<sub>2</sub> is removed. Grooves 6 thicker than the thickness of i layer 4 produced through the ion implantation are provided. In is deposited on the crystal surface and grooves 6 to provide electrode. This constitution enables light emission colors to be readily changed through current controlling under the condition of a constant brightness. This may be embodied even by combining Cd, Hg, Be, etc.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑫公開特許公報(A)

昭54—71590

⑪Int. Cl.<sup>2</sup>

H 01 L 33/00 //

H 01 L 21/265

識別記号

⑫日本分類

99(5) J 4

99(5) B 1

庁内整理番号

7377—5F

6684—5F

⑬公開 昭和54年(1979)6月8日

発明の数 2

審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑭Ga<sub>N</sub>発光素子およびその製造方法

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

⑮特 願 昭52—138620

⑯発 明 者 赤崎勇

⑰出 願 昭52(1977)11月17日

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

特許法第30条第1項適用 昭和52年10月13日

「第38回応用物理学会学術講演会(岡山大学  
教養部において)」において発表

同

林 猛

⑰発 明 者 豊田幸雄

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

同

山本雅晴

同

大木芳正

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

川崎市多摩区生田4896番地 松  
下技研株式会社内

⑰出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

同

小林敬幸

⑱代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1、発明の名称

Ga<sub>N</sub>発光素子およびその製造方法

2、特許請求の範囲

(1) 絶縁基板上に形成されたGa<sub>N</sub>結晶内に、異なる波長の発光センターとなりうる二種類以上の不純物を含む領域を有し、上記各不純物の発光波長における視感度を長波長の発光のもの程順次大きくし、かつ発光センターとなる不純物の濃度を長波長の発光のもの程順次低くしたことを特徴とするGa<sub>N</sub>発光素子。

(2) 不純物のうち少なくとも二種類がZnとMgであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のGa<sub>N</sub>発光素子。

(3) 絶縁基板上のGa<sub>N</sub>結晶に、より長波長側の発光波長に対する視感度が大きく、かつより長波長側の発光センターとなる不純物濃度が低いことを満たすように選ばれた二種類以上の不純物を導入する工程を具備し、この不純物の導入のうち、少なくとも一種類の不純物についてはイオン注入法

で行うことを特徴とするGa<sub>N</sub>発光素子の製造方法。

(4) 不純物のうち少なくとも二種類がZnとMg

であることを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のGa<sub>N</sub>発光素子の製造方法。

3、発明の詳細な説明

本発明は、電流制御により輝度の変動を2倍以内に於て発光色を可変できるNaG発光素子およびその製造方法に関するものである。

Ga<sub>N</sub>を材料として用いた発光素子においては、紫外、紫、青色の短波長発光が可能であり、また適当な不純物を適当量導入すれば、黄色から赤色などの長波長光の発光も可能となり、可視光全域にわたる発光が得られることが知られている。しかしながら、従来行われているように、一種類の不純物のみを導入する方法では、どのようにしても単一の素子からは単一の発光色しか得られない。

そこで、二種類以上の異った不純物の導入を行えば、エネルギー単位として不連続な複数の不純物単位を存在せしめることができるので、それらの不純物単位のうちの特定期間による発光を選択

しうる素子動作上の制御が可能となる。ここで選択制御が可能となるためには、各不純物単位のキャリア捕獲確率、寿命等の特性に差がなければならない。

二種類以上の不純物単位が存在する時、深い不純物単位程キャリアを捕獲しやすく、寿命も長いのでこの不純物単位に関して長波長の発光が最初に起る。さらに、キャリア注入・励起の強度を増加させると最初に起っていた発光に飽和が起り、別の不純物単位による発光が生ずる。後者不純物を前者不純物より高濃度にしておけば、第1の発光の飽和後さらに注入・励起を増大することにより、第2の発光が主となる。従って、このように二種類以上の発光センタとなる不純物を含むGa<sub>0.99</sub>N結晶を用いて、発光素子を作成すれば発光色を電流制御により変えることができる。

ここで、重要な点は第2の発光が起りうる場合でも、輝度が問題となることである。第1の発光色の視感度が第2の発光色の視感度より大きければ、輝度の変動を最小限に抑えて発光色を変化さ

度変化が2倍以内で色相が可変になるためには、それらの不純物濃度について、その相対値が厳密に制御されねばならないことである。従って、これらの点から従来行われている成長時の導入法のみでは、二種類以上の不純物導入は困難である。二種類以上の不純物導入を結晶成長時に行なうには、反応管が複雑化するなど、実際の技術上の問題点もあるが、前述の第2の点から不純物濃度は厳密に制御されねばならないので有効でない。この点から、イオン注入による方法がもっとも有効である。二種類以上の不純物の導入のすべてをイオン注入法で行なってもよいが、一方の不純物の導入は結晶成長時に行う方法を用いて、イオン注入法との組合せにより本発明の素子の作成することも有効である。なぜなら、本発明による素子の特性を実現するには、前述のように、特にそれぞれの不純物の濃度の相対値が重要となるが、第2の不純物導入をイオン注入で行えば、先に成長時に導入した不純物濃度に対応して、その濃度を厳密に設定し導入しうるからである。

特開昭54-71590(2)

せることができる。後の実施例に記す赤色、緑色、青色の各視感度因子の考察から分るように、青色視感度因子のピーク波長(456nm)における、輝度を決定する全視感度因子(緑色因子と同一)の値のピークに対する比は $\sim 3 \times 10^{-2}$ であるので、例えば黄緑色の発光が飽和した後、青色発光が増大し黄緑色発光の飽和値の10倍の強度に達した場合でも色相は黄緑色から殆んど青色に近くなるが、輝度は高々3割しか増加しない。従って第1の発光波長における視感度が第2のそれより大きくなるようにすれば、輝度の変動を2倍以内に抑えて、色相をかえることができる。実際上の明るさの感覚からすると輝度の2倍以内の変動は殆んど変化として認められないので、実用上は明るさがほぼ一定とみなせる。

次に、二種類以上の不純物の導入にあたっては、次の点が考慮されねばならない。第1は、二種類以上の不純物のいずれについても、発光素子の接合電流が発光に有効に寄与する領域である同一の場所に導入しなければならないこと。第2は、輝

以下実施例において、具体的に説明する。

#### 実施例

サファイア基板上に気相エピタキシャル成長させて得たGa<sub>0.99</sub>N結晶を用いて、本発明に基づく、発光素子を作成した。気相成長の際、同時に発光センターとなる第1の不純物として、Znを $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の低濃度で導入した。続いて、発光センターとなる第2の不純物Mgを、イオン注入の方法で、濃度が $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度になるように導入した。ここで、Mgの導入は、発光色を有効に変化させることと同時に高抵抗層(1層)による接合形成をはかることの両方の理由から高濃度で行なった。発光素子の作成について、具体的には第1図に示す工程により実施した。異なる二種類以上の不純物の導入は、従来の気相成長時の同時導入法のみでは難しいので、より簡便で有効なイオン注入法を用いた。

まず第1図(a)で示されるように、サファイア基板1上のZnをドーブしてあるGa<sub>0.99</sub>N結晶2にMgのイオンビーム3を照射してイオン注入を行い、

(b)に示すように、結晶の表面に注入層4を形成する。イオン注入は、不純物の分布が平坦になるようにエネルギー多重方式により行い余ドーズ量は、 $1.9 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ である。次に(c)に示すように結晶表面に保護膜として、CVD法により、厚さ2000Å程度の $\text{SiO}_2$ 膜5を附着させた後、1050℃の温度で1時間～20時間の熱処理を窒素雰囲気中で行う。その後 $\text{SiO}_2$ 膜を除去して、(d)に示すように、イオン注入により形成されたi層4の厚さを越えるに十分な深さの溝6を切って、(e)の如く結晶表面と溝6の両方に、1n金属ドットまたは蒸着などにより附着して電極を構成する。

以上のようにして作成された発光素子のエレクトロルミネッセンス・スペクトルの電流による変化を第2図に示す。(a)、(b)はそれぞれ熱処理時間が3時間、20時間のものである。(電流値は(a)で、(i)は4mA、(ii)は10mA (b)で(i)は6mA、(ii)は10mA、(iii)は16mAである)両者を通じてスペクトル線が $\sim 380 \text{nm}$ 、 $\sim 430 \text{nm}$ 、

$\sim 610 \text{nm}$ の三本が見られる。これらは、それぞれMgアクセプタ単位、Znアクセプタ単位、およびMgの錯体による深い単位に関係した発光である。第2図で示したそれぞれのスペクトルに対応して、輝度の相対値Yと、色度(x, y)を次式により求めた。

$$\begin{cases} Y = \int \frac{dP}{d\lambda} V_y d\lambda \\ x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \end{cases}$$

但し、

$X = \int \frac{dP}{d\lambda} \cdot V_x d\lambda$ ,  $Z = \int \frac{dP}{d\lambda} \cdot V_z d\lambda$ 、であり、Pは、スペクトルの各波長での強度、 $\lambda$ は波長、 $V_x, V_y, V_z$ はそれぞれ赤、緑、青の視感度因子である。

第3図は第2図(a)、(b)それぞれの色相変化を色度図(x, y)において示したものである。実線矢印が電流量を増加させた時の、輝度Y一定の範囲での色相変化である。この実施例では、電流の増加により長波長側の発光が飽和に達した後わずか

に減少したため厳密に輝度が一定に保たれている。点線は、輝度Yの変化がある場合を含めての色相変化である。これから明らかなように、電流制御により、輝度一定の条件で、

b) では青緑色 → 青色

a) では青色 → 青紫色 なる変化を示している。

以上、ZnとMgの二種の不純物を用いて、電流制御により発光色を変化させたが、他の不純物例えばCd(青)、Hg(緑)、Be(高濃度で黄)などをも組合せて、本発明を実施することも有効である。

以上の如く本発明は、発光波長の異なる二種類の不純物を用いて、電流を制御することにより発光色を制御しうるGaN発光素子及びその製造方法を提供するものであり、輝度一定の条件で容易に発光色を変えることができる等の特徴を有する。

#### 4、図面の簡単な説明

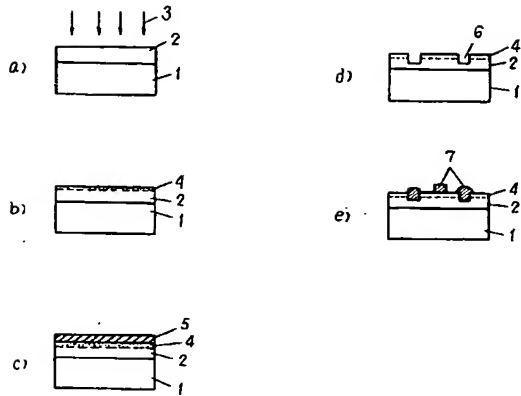
第1図(a)～(e)は本発明のGaN発光素子の製造工程を示す断面図、第2図(a)、(b)は本発明のGaN発

光素子のエレクトロルミネッセンス・スペクトルを示す図、第3図は色度図である。

1 ..... サファイア基板、2 ..... GaN結晶、4 ..... i層。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

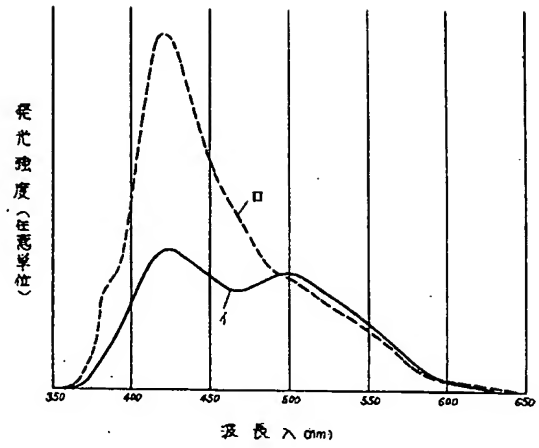
第 1 図



第 2 図

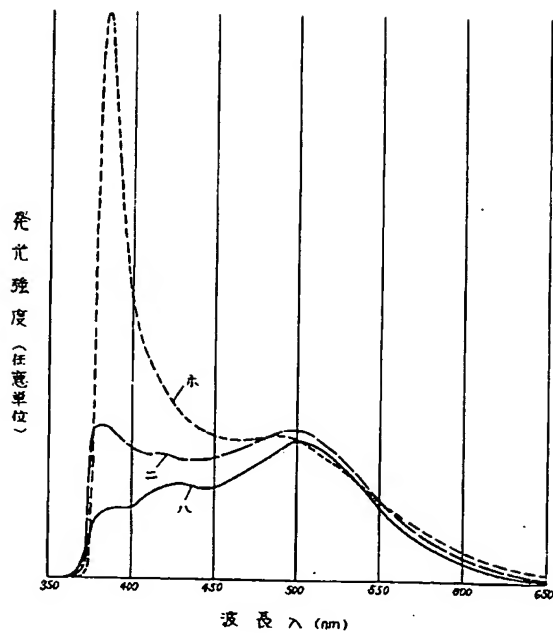
特開昭54-71580(4)

(a)

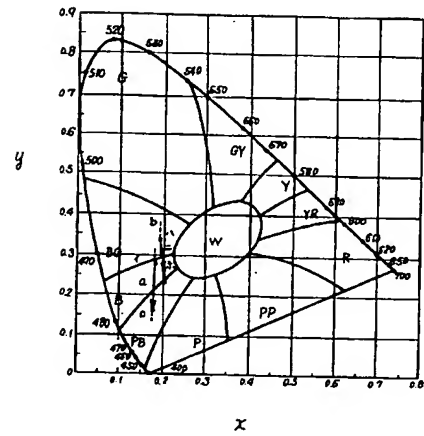


第 2 図

(b)



第 3 図



昭 5811.15

手続補正書

昭和 58 年 8 月 26 日

特許法第17条の2の規定による補正の掲載

昭和 52 年特許願第 138620 号(特開昭  
54-71590 号 昭和 54 年 6 月 8 日  
発行 公開特許公報 54-7160 号掲載)につ  
いては特許法第17条の2の規定による補正があっ  
たので下記のとおり掲載する。 7(2)

Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号
H01L 33/00		6666-SF
// H01L 21/265		6851-SF

特許庁長官殿

1 事件の表示

昭和 52 年 特 許 願 第 138620 号

2 発明の名称

GaN発光素子およびその製造方法

3 補正をする者

事件との関係 特 許 出 願 人  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
名 称 (582) 松下電器産業株式会社  
代 表 者 山 下 俊 彦

4 代 理 人

〒 571  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
松下電器産業株式会社内

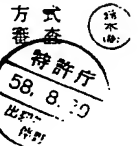
氏 名 (5971) 弁理士 中 尾 敏 男

(ほか 1 名)

(通称元 電話(東京)437-1121 東京法成分室)

5 補 正 の 対 象

明細書の発明の詳細な説明の欄



6、補正の内容

- (1) 明細書第2頁第7行の「NaG発光素子」を  
「GaN発光素子」に補正します。
- (2) 同第4頁第3行の「456mm」を「456  
mm」に補正します。
- (3) 同第7頁第3行の「余ドーズ量」を「全ド  
ーズ量」に補正します。